



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE
PIRÓLISIS, PUCALLPA – UCAYALI, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Carlos Alberto Campos Lapa (Orcid.org//0000-0001-8132-5955)

Frecia Tenazoa Armas (Orcid.org//0000-0003-4553-7701)

ASESOR:

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón (Orcid.org//0000-0001-7894-7526)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de residuos sólidos

LIMA – PERÚ


2018-I

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña) **CARLOS ALBERTO CAMPOS LAPA**, cuyo título es: **"COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA - UCAYALI, 2018"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por la estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número) DIECISEIS (letras).

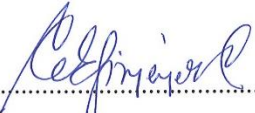
Los Olivos, 6 de diciembre de 2018



Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
PRESIDENTE



Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez
SECRETARIO



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
VOCAL


Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña) **FRECIA TENAZOA ARMAS**, cuyo título es: **"COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA - UCAYALI, 2018"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por la estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número) DIECISEIS (letras).

Los Olivos, 6 de diciembre de 2018



Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
PRESIDENTE



Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
SECRETARIO



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su amor, entrega, esfuerzo y sacrificio ya que sin ellos nada y por ellos todo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la fuerza y la voluntad de poder culminar nuestra carrera.

Agradecemos a nuestros padres por su amor y perseverancia.

Agradecemos a nuestro asesor el Dc. Jiménez Calderón por su apoyo y sus enseñanzas.

Agradecemos a nuestros otros asesores y docentes en general por sus enseñanzas en todo nuestro ciclo universitario.

Agradecemos a nuestra alma mater la Universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad de poder estudiar nuestra hermosa carrera de Ingeniería Ambiental.

Y sobre todo agradecemos a nuestro propio esfuerzo y voluntad de poder ser unos profesionales.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Carlos Alberto Campos Lapa con DNI. N° 47318827 y Frecia Tenazoa Armas con DNI. N° 73669775 a efecto de cumplir con las disposiciones establecidas y vigentes consideradas en el Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaramos bajo juramento que toda la documentación presentada es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



Carlos Alberto Campos Lapa



Frecia Tenazoa Armas

Lima, 06 de Diciembre del 2018

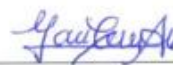
PRESENTACION

Señores Miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada "Combustibles fuel-oil obtenidos de residuos plásticos mediante pirolisis, Pucallpa – Ucayali, 2018", la que ponemos a disposición para ser revisada, el mismo que espero cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.



Carlos Alberto Campos Lapa



Frecia Tenazoa Armas

RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Pucallpa capital del departamento de Ucayali, la unidad de análisis fueron los residuos de tres tipos de plásticos que son el PP, PS y PEAD con un pesaje de 20 kilos cada uno los cuales fueron recolectados en el botadero de la ciudad el cual se encuentra en el kilómetro 22 de la ciudad de Pucallpa 2018 con la finalidad de conocer las características físicas, químicas, rendimiento y emisiones de gases del combustible obtenido mediante los residuos de los tres tipo de pasticos que se utilizó en la investigación.

Para establecer cuál de los combustibles obtenidos es de menor, igual o mejor calidad que el Diésel B5 esto se da mediante el proceso de la Pirolisis el cual servirá como fuente de operación para poder realizar la investigación y así determinar el producto de mejor rendimiento en la utilización de este.

Se obtuvo como resultado que el combustible fuel-oil obtenido de los residuos del plástico PS fue de mayor calidad y mejor rendimiento que el Diésel B5, por otro lado el combustible fuel- oil obtenido por los residuos de los plásticos de PEAD son de características similares tanto física como químicas al igual que en rendimiento al Diésel B5, otro es el caso con el combustible fuel- oil obtenido de los residuos del plástico PP el cual es el que menor similitud tuvo con las características tanto física como químicas y rendimiento con respecto al Diésel B5.

En la investigación se puede determinar al combustible fuel- oil de tipo PS como ligeramente superior al combustible convencional.

Palabras clave: Plásticos, Combustible, Pirolisis.

ABSTRACT

The research was conducted in the city of Pucallpa capital of the department of Ucayali, the analysis unit was the waste of three types of plastics that are PP, PS and HDPE with a weigh of 20 kilos each which were collected in the dump of the city which is located at kilometer 22 of the city of Pucallpa 2018 in order to know the physical, chemical, performance and gas emissions of the fuel obtained from the waste of the three types of grass that was used in the investigation.

To establish which of the fuels obtained is of less, equal or better quality than Diesel B5, this is done through the process of pyrolysis which will serve as a source of operation to carry out the investigation and thus determine the product of better performance in the use of this.

It was obtained as a result that the fuel oil obtained from the waste of the PS plastic was of higher quality and better performance than the Diesel B5, on the other hand the fuel oil obtained by the waste of the HDPE plastics are of similar characteristics both physical and chemical, as well as in Diesel B5 performance, another is the case with the fuel fuel oil obtained from the waste of PP plastic, which is the one with the least similarity with the physical and chemical characteristics and performance with respect to the Diesel B5.

In the investigation, fuel PS type fuel can be determined as slightly higher than conventional fuel.

Keywords: Plastics, Fuel, Pyrolysis.

ÍNDICE

PAGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACION JURADA	v
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Trabajos Previos	3
1.3 Teorías relacionadas al tema	10
1.3.1 LOS PLÁSTICOS:.....	10
1.3.2 TIPOS DE PLASTICOS Y CARACTERISTICAS:	12
1.3.3 LOS PLASTICOS E IMPACTOS AMBIENTALES.....	14
1.3.4 PIROLISIS:.....	14
1.3.5 ETAPAS EN LA PIRÓLISIS	15
1.3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	15
1.3.7 PIROLISIS DE POLIESTIRENO	16
1.3.8 PIROLISIS DE POLIPROPILENO	16
1.3.9 PIROLISIS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	17
1.3.10 COMBUSTIBLES	17
1.3.11 CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE:	18
1.4 Formulación del Problema	19
1.5 Justificación del Estudio	20
1.6 Hipótesis	22
1.7 Objetivos	23
II. MÉTODO	24
2.1 Diseño de Investigación.....	24
2.2 Variables, Operacionalización	26
2.3 Población y Muestra	27
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.5 Método de análisis de datos	27
2.6 Aspectos éticos	27
III. RESULTADOS	28

3.1	Descripción de resultados:	28
3.1.1	Características físicas y químicas del producto combustible fuel oil obtenido de Polipropileno (PP)	28
3.1.2	Características físicas y químicas del producto combustible fuel oil obtenido de Polietileno de alta densidad (PEAD)	32
3.1.3	Características físicas y químicas del producto combustible fuel oil obtenido de Poliestireno (PS)	36
3.1.4	Emisiones del producto combustible fuel oil obtenido de Polipropileno (PP)	39
3.1.5	Emisiones del producto combustible fuel oil obtenido de Polietileno de alta densidad (PEAD)	42
3.1.6	Emisiones del producto combustible fuel oil obtenido de Poliestireno (PS)	45
3.1.7	Rendimiento del producto combustible fuel oil obtenido de Polipropileno (PP)	48
3.1.8	Rendimiento del producto combustible fuel oil obtenido de Polietileno de alta densidad (PEAD)	51
3.1.9	Rendimiento del producto combustible fuel oil obtenido de Poliestireno (PS)	53
IV.	DISCUSIÓN	55
V.	CONCLUSIÓN	57
VI.	RECOMENDACIONES	59
VII.	REFERENCIAS	60

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito tener una alternativa de solución para la dependencia de combustibles fósiles, usando el residuo plástico como insumo y así reducir la permanencia de los plásticos en el ambiente.

Se usó un reactor donde mediante pirólisis se desintegró los residuos plásticos convirtiendo su estado sólido a estado gaseoso a temperatura de 450 °C, de manera inmediata este gas caliente pasó a estado líquido teniendo contacto directo con agua, por lo cual al pasar el tiempo se forma el Fuel-oil y por densidad se posicionará sobre el H₂O empleado y así se pudo retirar de forma sencilla, con el reciclaje de estos residuos buscamos la transformación, restituyendo el valor económico de los plásticos pero ya no como tal, sino como materia prima o fuente de energía.

Al obtener este producto líquido conocido como fuel-oil se caracterizó tanto de forma física (densidad, viscosidad) como química (poder calorífico, punto de inflamación, índice de cetano) comparando con los diferentes residuos plásticos aplicados para esta investigación, así como los gases producidos por el Fuel-oil y el rendimiento de la misma para determinar si el producto fuel-oil obtenido es una alternativa de solución frente al combustible convencional.

1.1 Realidad Problemática

El consumismo y el gran uso de los productos plásticos son un gran problema ambiental, En el artículo (UNEP, 2016) The Global Garbage Crisis: No Time to Waste, nos indica que anualmente en el mundo se generan 3.8 billones de toneladas de residuos en general y el 12 % son plásticos, es decir 456 miles de millones de toneladas y se espera para el 2025 un incremento aproximado de 2.2 billones de toneladas.

Según el sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013, por el (MINAM, 2014). Indica que la generación per cápita de residuos en el 2013 (kg/hab./día) es de 0.660 de los cuales el 9,8 % son residuos plásticos y derivados el segundo después de 43.47 % de materia orgánica, Por lo que en Pucallpa se tiene 310 750 habitantes, así se tiene 205 095 kg de residuos al día y de estos 20 100 kg de plásticos y derivados, ah esto se le adjunta el hecho de que la región de Ucayali no existe aún un relleno sanitario, por lo que todos los residuos van a un botadero que se encuentra en el km 22 de la carretera Federico Basadre.

También (IEO, 2016) proyecta que el consumo mundial de petróleo y otros combustibles líquidos aumenta de 90 millones de barriles por día en 2012 a 100 millones en 2020 y 121 millones en 2040, lo cual el aumento de la población, de las industrias y los sectores que consumen esta materia prima, hace disminuir el recurso que con el tiempo podría desaparecer.

1.2 Trabajos Previos

MANCHENO, M. et al. (2016). En su estudio titulado “Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio de pirólisis”, “da a conocer una forma eficiente de gestionar los residuos plásticos obteniendo combustibles a través del proceso de pirólisis de poentilentereftalato, polietileno de alta densidad y poliestireno, residuos plásticos de mayor generación dentro de la Universidad Politécnica Salesiana; en la investigación se determinó que el residuo que mayor porcentaje de fracción líquida produce es el poliestireno. Sin embargo, de acuerdo a los análisis el de mejor calidad es el polietileno de alta densidad considerado como crudo mediano. De acuerdo a los análisis de cromatografía, se muestra que las fracciones líquidas del proceso de pirólisis de residuos plásticos contienen sustancias que forman parte de los combustibles y petróleos, lo que confirma la obtención de combustibles líquidos de características semejantes a los tradicionales y que se pueden usar para generar energía en motores de combustión. Se determinó que la temperatura óptima para el desarrollo del proceso de pirólisis de residuos plásticos es 400°C debido a que a temperaturas menores a 300°C el proceso de pirólisis no se desarrolla en su totalidad. También que el Poliestireno PS es el residuo plástico que mediante el proceso de pirólisis a 400°C, presión constante y tiempo de residencia de 30 minutos, presenta mayor rendimiento de fracción líquida con el 68.55%”.

ANUAR, S. et al. (2017). En el artículo “Energy recovery from pyrolysis of plastic waste: Study on non-recycled plastics (NRP) data as the real measure of plastic waste” nos señala que El aceite producido a partir de la pirólisis de plásticos ha sido conocido por su mayor poder calorífico que el aceite de madera, en el que comparable al diesel convencional. A pesar de que se han realizado muchos estudios sobre la pirólisis de plásticos, los resultados de esos estudios no se aplican y se informan todavía según la porción real de los residuos de plástico. La cantidad real de desechos plásticos disponibles proviene principalmente de plásticos

no reciclados (NRP). NRP se define como los residuos de plástico que permanecen en los centros de reciclaje, que no pueden ser procesados debido a ciertas restricciones. Las cantidades de NRP varían de un país a otro según las aplicaciones diarias. En este estudio, los datos de NRP en Malasia, EE.UU., Reino Unido, así como global se utilizaron para investigar la producción potencial de combustible líquido sobre la base de su composición diferente de los residuos de plástico. La pirólisis se realizó en 500°C con un flujo de nitrógeno de 200 ml / min durante un tiempo de reacción de 30 min. La adición de poliestireno (PS) a la composición de NRP también se estudió para evaluar la mejora de la calidad del líquido. En este documento se discutieron varios hallazgos importantes, entre ellos algunos problemas técnicos, características del producto líquido, características de los subproductos y recuperación potencial de energía del NRP. El producto líquido se analizó por diversos métodos tales como FTIR, GCMS, análisis elemental y contenido en agua.

CHURKUNTI, P. et al. (2015). En su estudio “Combustion analysis of pyrolysis end of life plastic fuel blended with ultra low sulfur diésel” nos indica que la creciente demanda de energía junto con el rápido agotamiento de los combustibles fósiles no renovables y el cambio climático global ha llevado a una búsqueda de recursos energéticos alternativos. Los combustibles plásticos de desecho han ganado un interés significativo ya que no sólo solucionan problemas de eliminación sino que también proporcionan un recurso energético alternativo. El análisis de la combustión de los residuos de combustibles derivados de plásticos ha mostrado hallazgos contradictorios con respecto al consumo de combustible y las emisiones peligrosas. Esto es debido al proceso de conversión empleado (por ejemplo, térmica frente a pirólisis catalítica) y al tipo de plástico utilizado que da como resultado un rango diverso de propiedades de combustible (es decir, viscosidad y número de cetano). En este esfuerzo, se ensayó un combustible derivado comercialmente (CynDiesel) fabricado a partir de una mezcla de plásticos residuales a

través de pirólisis catalítica como una mezcla con Ultra Low Sulphur Diesel (5%, 10%, 20% y 100% en volumen) a comprender mejor los cambios en las fases de pre mezcla y difusión en función de las propiedades del combustible. El número de cetano significativamente mayor de este combustible combinado con su viscosidad relativamente más alta redujo drásticamente la fase de combustión premezclada más eficiente; sin embargo, el consumo de combustible se mantuvo constante debido a su mayor contenido energético en masa. Como resultado, se encontró que las temperaturas dentro del cilindro eran más altas a altas cargas, pero las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) disminuyeron con el contenido de CynDiesel.

GUNGOR, C. et al. (2014). En el artículo “Engine Performance and Emission Characteristics of Plastic Oil Produced from Waste Polyethylene and Its Blends with Diesel Fuel” nos indica que El objetivo general de este estudio fue explorar la utilidad de los residuos plásticos como fuente potencial de combustible diesel. Se realizó un estudio experimental para evaluar el uso de varias mezclas de aceite plástico producido a partir de polietileno de desecho (WPE) con combustible diesel (D). El WPE se degradó térmica y catalíticamente utilizando silicato de sodio y aluminio como catalizador. El aceite recogido en condiciones óptimas (414 ° C – 480 ° C y 1 h de tiempo de reacción) se fraccionó a diferentes temperaturas y se midieron las propiedades del combustible de las fracciones. El aceite plástico se mezcló con combustible diesel en las proporciones volumétricas de 5%, 10%, 15%, 20% y 100%. Las propiedades del combustible de las mezclas son comparables con las del combustible diesel dentro de la norma EN 590 Diesel Fuel y también pueden usarse como combustible en motores de encendido por compresión sin ninguna modificación. Se realizaron estudios de rendimiento del motor y emisiones de escape de una mezcla de 5% de WPE-D (WPE5). Los resultados experimentales mostraron que la emisión de monóxido de carbono (CO) se redujo en un 20,63%, la emisión de dióxido de carbono (CO₂) se incrementó en un 3,34% y la

emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) se incrementó en un 9,17% con la mezcla WPE-D (WPE5) comparada al combustible diesel.

VENKATESAN, H. et al. (2017). En el artículo “Experimental study on combustion and performance characteristics in a DI CI engine fuelled with blends of waste plastic oil” nos señala que el reciclaje de los residuos plásticos había adquirido mayor importancia en el mundo de hoy. La presente investigación experimental se ocupa de la transformación de los residuos plásticos de los vertederos cívicos a petróleo en un reactor de pirólisis. Una alimentación única a una velocidad de 8 kg produjo 675 ml de aceite pirolítico. Se encontró que las propiedades fisicoquímicas del aceite plástico estaban dentro de las normas ASTM con una viscosidad cinemática y un residuo de carbono más altos. El mezclado directo de aceite diesel-plástico (PO) se realizó al 15% (diesel 85% y aceite plástico 15%) y 30% (diesel 70% y aceite plástico 30%) en relación volumen. El análisis de la combustión y los estudios de rendimiento se llevó a cabo en condiciones de carga y carga completa en un solo cilindro de inyección directa motor de encendido por compresión para entender la viabilidad de la utilización de aceite de plástico como combustible sustituto de diesel comercial. En condiciones de plena carga, la presión en el cilindro, la tasa de aumento de la presión, la velocidad de liberación de calor y la presión máxima fueron mayores para PO30% que el diesel recto. Se encontró que la eficiencia térmica del freno para mezclas PO era ligeramente superior al diesel directo, con un aumento significativo en el consumo de combustible específico del freno. Las características fisicoquímicas de la PO influyeron significativamente en las características de combustión y rendimiento del motor.

MENDOZA, A. (2016). En la tesis “Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de la pirolisis” nos indica que la pirolisis permite el recicle de residuos plásticos que genera impacto ambiental. Se caracterizó los hidrocarburos líquidos,

para esto se utilizaron el EPS, PP, LDPE, HDPE, previamente lavados y cortados. Como datos relevantes se obtuvo para el Polipropileno un poder calorífico de 41593,92 kJ/kg, densidad de 749.73 kg/m³ y viscosidad 1.6869 cst; para el HDPE se obtuvo un poder calorífico 42218.67 kJ/kg, densidad 756.88 kg/m³ y viscosidad 2.0180 cst; para el EPS se obtuvo poder calorífico 41717 kJ/kg, la viscosidad 1.6836 cst y densidad de 922.37 por otro lado se realizó la factibilidad económica para estos productos. Logrando el que el EPS a costo de destilación por 10\$/L mientras que en el mercado se encuentra a un costo de 9 a 45\$/L, por lo que se demostraría su factibilidad económica.

BENAVIDES, P. et al. (2017). En la investigación “Life-cycle analysis of fuels from post-use non-recycled plastics” nos señala que la tecnología de plástico a combustible (PTF) utiliza la pirólisis para convertir los residuos de plástico (especialmente los plásticos no reciclados) en combustible diesel de ultra bajo azufre (ULSD). Para evaluar los beneficios energéticos y ambientales potenciales asociados con la tecnología PTF, calculamos la energía, el gasto del agua y los gases de efecto invernadero de los ULSD derivados del NRP y comparamos los resultados con los indicadores para el combustible convencional ULSD. Para estos análisis, se utilizó el modelo de GI, gases en regla y medios de transporte de energía. Cinco empresas proporcionaron los rendimientos de los productos de proceso de pirólisis y los datos de consumo de material y energía. Los co-productos del proceso incluyeron carbón y gas combustible. El carbón puede ser vertido, lo que, por las respuestas de la compañía, es la práctica más común para este coproducto, o puede ser vendido como un producto energético. El gas combustible puede ser quemado para generar internamente calor y electricidad. Los análisis de sensibilidad investigaron la influencia de la metodología de manipulación de coproductos, el rendimiento del producto, la composición de la red eléctrica y la presunta eficiencia de la tecnología de combustión de carbón. El análisis de sensibilidad indica que las emisiones de GEI probablemente se reducirían hasta un 14%

cuando se comparen con las ULSD convencionales, dependiendo del método de tratamiento de coproducto utilizado. Por lo tanto, el combustible ULSD derivado de NRP podría considerarse con un mínimo de carbono neutro con el potencial de ofrecer una modesta reducción de GEI. Además, este combustible derivado de los desechos tenía un 58% menos consumo de agua y un 96% menos consumo de combustible fósil que el combustible ULSD convencional en el caso base. Además de la comparación de los combustibles de PTF con combustibles de transporte convencionales, también comparamos los resultados con escenarios alternativos para la gestión de NRP incluyendo generación de energía y vertederos en los Estados Unidos.

SONAWANE, Y.B. et al. (2017) En el artículo “High Calorific Value Fuel from Household Plastic Waste by Catalytic Pyrolysis” nos menciona que La contaminación de residuos plásticos causa varios impactos en el medio ambiente, por lo que su eliminación adecuada es muy esencial. Por otro lado, los recursos petroleros están desapareciendo debido a la gran demanda de combustible para el crecimiento de la población y los recursos limitados en la India. Por lo tanto, existe la necesidad de guardar los recursos existentes y encontrar una fuente alternativa para los combustibles fósiles. Podemos convertir los residuos domésticos de plástico en productos derivados del petróleo por método de pirólisis. En el presente estudio, la configuración del reactor de pirólisis de borosilicato a escala de laboratorio se diseñó para el tratamiento de residuos de plástico. Los componentes principales de los desechos plásticos domésticos son HDPE, LDPE y material de PP, por lo que se usaron en la pirólisis. La trituración, el lavado y el secado de los desechos de plástico se hicieron manualmente. Se llevaron a cabo experimentos de pirólisis para 100 g de residuos de HDPE, LDPE y PP con y sin catalizador. La temperatura y el tiempo de reacción se optimizaron para cada tipo de residuo. Se probaron diferentes catalizadores como alúmina, escolecita, dolomita, polvo de cerámica, cemento blanco, arena y polvo de ladrillo rojo en el proceso de pirólisis.

Como la dolomita produjo el máximo de combustible líquido y es rentable, se ha utilizado en experimentos de pirólisis con diferentes catalizadores para proporciones de alimentación. El combustible líquido obtenido para HDPE, LDPE y PP aumentó de 72%, 73% y 84% a 82%, 83% y 85% respectivamente, usando 10% de dolomita. Para residuos plásticos mezclados, el combustible líquido obtenido fue aproximadamente 72.96% sin catalizador y 82% con 10% de dolomita. El combustible líquido se caracterizó por GC-MS, FTIR y valores caloríficos. Los resultados mostraron la presencia de alcanos y alquenos en mayor cantidad y aumento en la concentración de fracciones de hidrocarburos de bajo peso molecular (C10-C25) en el combustible líquido. El combustible líquido obtenido a partir de HDPE, LDPE y PP usando 10% de dolomita mostró valores caloríficos más altos (43000-46000 kJ / kg) en comparación con el de sin catalizador (40000-42000 kJ / kg). Este combustible líquido puede usarse como combustible en diferentes sectores industriales.

PROAÑO, O. y Crespo, S. (2009), en su estudio “Obtención de combustibles a partir de residuos plásticos”. Nos da a conocer que se realizó la pirólisis del polietileno de alta densidad, empleado en el cultivo de banano, para cubrir racimos de frutos. Empleando un reactor de laboratorio de 1 dm³ de capacidad, se experimentó con temperaturas de 300, 350 y 400°C y tiempos de 0.5, 1 y 2 horas, como productos líquidos se obtiene a 400°C y 2 horas con una composición de 4,3% de gases, 76,19% de líquidos y 19,512% de sólidos.

OWUSU, P. et al. (2018) en el artículo “Reverse engineering of plastic waste into useful fuel products”. Menciona que los dos objetivos son evaluar el potencial de conversión de residuos plásticos en combustibles útiles en reactores de pirólisis continuos y discontinuos utilizando una tecnología apropiada e investigar el efecto del catalizador de sílice-alúmina sobre el rendimiento y la calidad del aceite líquido pirolítico. Los residuos plásticos usados (HDPE, PP y PS) se obtuvieron del vertedero

de Kiteezi, Kampala (Uganda). En un paso adicional, las propiedades del combustible líquido obtenido de la pirólisis también se compararon con el combustible de transporte comercial para determinar su idoneidad en motores diesel. Las cualidades del combustible se analizaron usando métodos de prueba estándar ASTM a una temperatura de degradación de 450°C, pirólisis térmica en un reactor discontinuo dio como resultado el rendimiento más alto de fracciones líquidas. Se encontró que el rendimiento líquido de HDPE, PP y PS era 80%, 82.6% y 80% en masa, respectivamente. Por el contrario, la relación de catalizador de sílice-alúmina a materia prima de 1:10 fue la más efectiva en términos de producción de fracción gaseosa. Las fracciones gaseosas fueron: 60% en peso para la mezcla, seguido de HDPE (59.63% en peso), PS (59.07% en peso) y PP (49.33% en peso). Una relación de catalizador / polímero de 1:10 redujo en gran medida la temperatura de degradación. La temperatura de degradación para HDPE, PP y PS se redujo en aproximadamente un 33%, 23% y 17%, respectivamente. Los aceites líquidos de HDPE y PP tenían densidades de 0.796 g / cm³ y 0.786 g / cm³; viscosidades cinemáticas de 2.373 mm² / s y 2.115 mm² / s, viscosidades dinámicas de 1.889 mPas y 1.856 mPas; los intervalos de punto de ebullición de 119-364°C y 148-355°C; y los índices de cetano de 46 y 63, respectivamente. Las características de los aceites de muestra pirolíticos de HDPE y PP son similares al combustible de transporte convencional.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 LOS PLÁSTICOS:

Según Bilboa A. (2015) en el informe “Desengancharse del plástico Problemas de un material ubicuo” nos señala que “la palabra plástico, se

utiliza para describir un grupo de componentes artificiales o de fibras sintéticas que resultan en todos los tipos de formas, tamaños, texturas y colores que se puedan imaginar. Desde textiles como los forros polares de poliéster, hasta material quirúrgico, pasando por todo tipo de piezas para aparatos electrónicos, envases, material agrícola, colchones, etc.; hoy en día es difícil encontrar un producto que no contenga plástico”.

“Los plásticos están hechos de monómeros y otras sustancias de partida (procedentes del gas o petróleo) que mediante una reacción química, dan lugar a una estructura macromolecular: el polímero o resina plástica. La resina plástica forma el principal componente estructural de los plásticos y para obtener el producto final, a ésta se le añaden aditivos que le confieren unos determinados efectos tecnológicos (diferentes texturas, aumento de la temperatura ignífuga, dureza, estabilidad, brillo, ...) y, son las mezclas de resinas y aditivos lo que se conoce con el nombre de materiales plásticos” (Plastivida, 2015).

“Los nombres completos de los materiales plásticos convencionales son complejos debido a su formulación química, por lo que es usual referirlos con acrónimos. Así por ejemplo, PET es Polietileno tereftalato, PP es Polipropileno, PEBD (en inglés el LDPE) es Polietileno de baja densidad, PEAD (en inglés HDPE) es Polietileno de alta densidad, PC es Policarbonato y ABS es Acrilonitrilo butadieno estireno.” (Plasticidad, 2015). (ver Tabla 1)

Tabla 1 Clasificación de tipo de plástico

Código SPI	Tipo de plástico	Productos	Productos elaborados con material recuperado
1 PET	Poliétilen Tereftalato	Botellas de bebidas	Tejas Escobas Fibras para la fabricación de hilos
2 PEAD	Poliétileno de alta densidad	Envases Canastas de bebidas y alimentos. Bolsas resistentes Balde Plato de comida de mascotas	Canastas de bebidas Materas Envases Mangueras
3 PVC	Policloruro de Vinilo	Tubos de PVC Tarjetas débito y crédito Envases de aceite	Llaveros Señalización de vías Mangueras
4 PEBD	Poliétileno de baja densidad	Empaques (de la harina, leche) Invernaderos Embalaje	Bolsas para la basura Mangueras
5 PP	Polipropileno	Paquetes de pasabocas, esferos, cepillos, pitillos, canastillas de plástico, muebles plásticos	Hebillas para el pelo, ganchos para colgar ropa
6 PS	Poliestireno	Empaque de Alpinito, Alpinette, cubiertos desechables	Tejas Cintas de empacado Balacas, Pulseras
6 PS	Poliestireno expandido	Empaques de icopor	
7 Otros	Otros	Botellón de agua, biberones, cds, carcasas para electrodomésticos	Hebillas de pelo

Fuente: Téllez Maldonado A. (2012)

1.3.2 TIPOS DE PLASTICOS Y CARACTERISTICAS:

Según Recytrans, (2013.) Se divide de la siguiente manera:

PET, como características: Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Es el más usado en bebidas, y como propiedades: Alta transparencia, alta resistencia, Buena barrera de CO₂ y a la humedad, compatible con otros materiales, reciclable, bajo peso, impermeable, aprobado para su uso alimentario.

PEAD, El polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del Etileno, elaborado a partir del etano, un componente del gas natural., tiene propiedades como: Alta resistencia química y térmica, resistencia a los impactos, sólida, incolora, facilidad de procesar, flexible

pero con rigidez, ligero, resistencia al agua, a ácidos y a varios disolventes.

PEBD, Se produce a partir de gas natural y se procesa de diferentes formas, es de gran versatilidad y solo o en conjunto con otros materiales se utiliza en gran variedad de envases y en múltiples aplicaciones., tiene propiedades como: Tiene dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre su superficie, flexibilidad mayor que el PEAD, Resistencia a los impactos, facilidad de procesar.

PVC, se produce a partir de dos materias primas naturales, gas 43% y sal común 57%. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles, tiene como propiedades: Resistencia a la corrosión, bajo coste de instalación, es eficaz para aislar cables eléctricos, estables e inertes, baja densidad, alta resistencia a la abrasión y al impacto, dúctil, tenaz y alta resistencia ambiental.

PP, es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión excelente resistencia química y el de más baja densidad, tiene como propiedades: Resistencia al uso, resistencia a los agentes químicos, resistente a las cargas, resistente a los detergentes, buena estabilidad térmica.

PS, Existen 4 tipos principales: el PS cristal, transparente, rígido y quebradizo, el PS de alto impacto, puede aguantar impactos sin romperse, el PS expandido, muy ligero, actúa como aislante.

1.3.3 LOS PLASTICOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Los plásticos son muy útiles y diversos, sin embargo, los residuos plásticos (RP) generan diferentes impactos ambientales. La preocupación ambiental por los RP es creciente. Gira en torno a cuatro elementos fundamentales: la degradación lenta de los plásticos; la producción de diferentes productos plásticos es creciente, al igual que la generación de residuos; su principal materia prima es no renovable, el petróleo; y algunos de los químicos utilizados para producir los plásticos son tóxicos. Estas externalidades no son internalizadas. La presencia de los RP representa una amenaza para la biodiversidad marina. Los animales se enredan con estos, y pueden resultar heridos, inmóviles o muertos. Los RP se acumulan de manera que con el movimiento de las olas golpean los corales y los fracturan. Los plásticos se terminan fragmentando en el ambiente y como consecuencia pueden ser ingeridos por diferentes especies que los confunden con comida. Esto puede significar la muerte instantánea por ahogamiento o afectar internamente el organismo del animal. Se sabe que al menos 267 especies se han enredado o han ingerido estos residuos, incluyendo pájaros, tortugas, focas, leones marinos, ballenas y pescados. Además, hay una alta posibilidad que los plásticos pueden transportar y liberar contaminantes al ambiente y la vida animal. Se sospecha que al ingerir los residuos se podrían transferir químicos tóxicos a los organismos. En el caso de los rellenos sanitarios, los aditivos y elementos constitutivos pueden ser liberados e introducidos al ambiente (Maldonado, 2012).

1.3.4 PIROLISIS:

Según (AgroWaste, 2013) “se define como un proceso termoquímico mediante el cual el material orgánico de los subproductos sólidos se descompone por la acción del calor, en una atmósfera deficiente de oxígeno y se transforma en una mezcla líquida de hidrocarburos, gases combustibles, residuos secos de carbón y agua. Los gases combustibles pueden servir para accionar motores diésel, para producir electricidad, o para mover vehículos. El proceso de pirólisis exige un aporte térmico,

que puede provenir de la combustión de la alimentación o de los productos de pirogenación”.

(Basu, 2013), el proceso de pirólisis se puede definir como la descomposición termoquímica de la biomasa, ya sea en ausencia total de agentes oxidantes o con una concentración limitada que no permita que se produzcan de forma significativa procesos de gasificación. Durante la pirólisis, los polímeros orgánicos constituyentes de los distintos tipos de biomasa, descomponen en moléculas de menor tamaño y menor peso molecular, que se presentan en los productos de las fracciones sólidas, líquida o gas.

1.3.5 ETAPAS EN LA PIRÓLISIS

En la primera etapa se pasa por un proceso de descomposición lenta produciendo pequeñas porciones de H_2O , CO , H y CH_4 , debido a que la estructura se rompe a altas temperatura dentro del reactor, así también se liberan gases contenidos del producto ingresante.

Luego en la segunda etapa, descomposición térmica activa, aquí se produce una fragmentación más profunda formando hidrocarburos condensables y alquitranes. Para esta etapa la temperatura empieza en $360\text{ }^{\circ}C$ y termina en $560\text{ }^{\circ}C$. (Antonio, 2014)

1.3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas:

- Se logra generar un producto líquido el cual es fácil de distribuir.
- Se mitiga los gases a la atmósfera.
- Todos los productos obtenidos son utilizados para un nuevo fin.
- Es autosuficiente.
- No genera gases contaminantes comparados con la combustión.

Desventajas:

- El ingreso de materia prima tiene que tratarse antes de ingresar al

reactor.

- Los productos líquidos obtenidos pueden ser refinados para los diferentes fines.
- La reducción del volumen en la pirolisis es menor en comparación con la combustión.
- Requiere gestión de los residuos en el horno pirolítico.

Deducimos que si bien el proceso de pirolisis tiene sus ventajas y desventajas es una alternativa para la generación de productos líquidos combustibles, el cual al ser un sistema cerrado, disminuye el impacto ambiental en comparación con una combustión directa. (AgroWaste, 2013)

1.3.7 PIROLISIS DE POLIESTIRENO

(Seung-Soo K. y Seungdo K., 2004) “Degradaron térmicamente PS y PP en un reactor tipo batch con inyección de nitrógeno para crear una atmósfera libre de oxígeno, a presión atmosférica.

Mediante un análisis de termogravimetría (TGA) observaron que la descomposición del PS ocurre entre 370°C y 410°C, además, observaron que no se descompone por debajo de 300°C.

En el desarrollo del proceso de pirolisis se obtuvieron productos líquidos, gaseosos y residuos sólidos. Los productos líquidos se analizaron por cromatografía con FID; donde la producción de aceite fue de aproximadamente 92.30 wt.%. Mediante el desarrollo experimental observaron también que el PS comenzaba a degradarse a 360°C, indicando que el PS se degrada más rápidamente que el PP, por lo tanto, la degradación del PS tiene un rango más estrecho de temperaturas para la descomposición. Las temperaturas de descomposición se encuentran entre 300-500°C, y la mayor fracción se obtiene entre un rango de temperaturas de 370-460°C, obteniendo principalmente estireno”

1.3.8 PIROLISIS DE POLIPROPILENO

(Seung-Soo K. y Seungdo K., 2004) “Sus resultados muestran que la

pirolización del PP comienza alrededor de los 387°C, y al igual que el PS, las temperaturas de descomposición se encuentran entre 300-500°C, la mayor fracción de producto líquido se obtiene a temperaturas entre 370-460°C. Sin embargo, a diferencia del PS, el PP no tuvo una característica específica en los productos, en los análisis se observa que a temperaturas más bajas se obtienen hidrocarburos más ligeros. Estos resultados muestran que la disminución de la velocidad de calentamiento implica un tiempo de residencia más largo, por lo tanto, se requiere una mayor cantidad de energía para la descomposición, lo cual, a su vez, provoca el incremento de hidrocarburos ligeros.”

1.3.9 PIRÓLISIS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

(Kumar y Singh, 2011) “Degradaron térmicamente residuos de HDPE en una atmósfera inerte, en un rango de temperaturas de 400 a 550°C, y tiempos de residencia desde una hora hasta 6 horas, empleando un reactor semi-batch de acero inoxidable, con dimensiones de 145 mm de profundidad, 37 mm de diámetro interior y 41 mm de diámetro exterior, sellado en un extremo y un tubo para salida de gases en el otro extremo. El reactor se calienta mediante un horno eléctrico, la temperatura se mide con ayuda de un termopar tipo K (Cr-Al) colocado en el interior del reactor, y es controlada con ayuda de un PID.

De un análisis TGA determinó que el HDPE comienza su degradación alrededor de 390°C.

Durante la pirólisis los productos obtenidos fueron aceite, cera y gases, presentándose también una baja cantidad de residuo sólido.”

1.3.10 COMBUSTIBLES

“Combustible es toda sustancia que emite o desprende energía por combustión controlada (energía química) o escisión nuclear (energía nuclear) capaz de plasmar su contenido energético en trabajo. Es también cualquier sustancia capaz de arder en determinadas condiciones (necesitará un comburente y una energía de activación).” (Esparza, 2010)

Los clasifica, como de acuerdo a su estado físico tales como:

Sólido: carbón.

Líquidos: Petróleo y sus derivados

Gases: productos volátiles a la atmósfera.

Por otro lado (E.T.S. de ingenieros industriales, 2015) los clasifica como:

Residuo Vegetal, fibra textil, carbón vegetal, lignito, hulla, antracita, fuel
– Oil, gasóleo.

1.3.11 CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE:

Poder Calorífico, “Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa.”(Fernández, 2014).

Se divide en poder calorífico superior, intuyendo que todos los elementos de la combustión tales como combustible y aire son tomados a 0 °C y los productos o los gases son llevados también a la misma temperatura después de la combustión, por lo que el vapor de agua será totalmente condensable. Por otro lado el poder calorífico inferior, considera que el vapor de agua contenido en los gases de la combustión no condensa, por lo que no hay aporte adicional de calor por condensación del vapor de agua, solo se dispondrá del calor de oxidación del combustible. (Fernández, 2014).

“Viscosidad, es la medida de la resistencia al flujo, que presenta un fluido bajo la acción de la fuerza de la gravedad, la viscosidad el combustible tiene una influencia directa sobre el proceso de inyección y atomización del combustible, si esta característica tiene mayor valor entonces genera mayores esfuerzos mecánicos y disminución del rendimiento de atomización”. (Valenzuela, 2010)

Densidad, frecuentemente es reportada por la gravedad específica, y se obtiene entre la densidad del combustible y la densidad del agua en condiciones de referencia. Un incremento en este valor provocaría un consumo masivo de combustible, mientras que valores bajos involucra valores bajos de material particulado. (Valenzuela, 2010)

La temperatura de inflamación, o punto de inflamación es una medida de tendencia del combustible al formar una mezcla inflamable con aire, bajo condiciones controladas en laboratorio. La variación de esta característica puede estar relacionada a las impurezas presentes en el combustible, especificando, se pueden encontrar trazas de etanol o metanol residual. (Valenzuela, 2010).

Índice de cetano, Así como el octano tiene relación con la gasolina, el cetano se asocia con el diésel, por lo que en el motor se relaciona entre el momento de la inyección y cuando comienza la inyección, mientras más índice de cetano menor será el tiempo entre la inyección y la combustión. (Moreno, 2017).

1.4 Formulación del Problema

Problema General:

¿Qué residuo plástico en estudio genera combustible fuel-oil superior al Diesel B5.

Problemas Específicos:

¿Qué características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP son diferentes al Diesel B5?.

¿Qué características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD son diferentes al Diesel B5?.

¿Qué características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido

del residuo plástico PS son diferentes al Diesel B5?.

¿Qué características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP son diferentes al Diesel B5?.

¿Qué características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD son diferentes al Diesel B5?.

¿Qué características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS son diferentes al Diesel B5?.

¿Qué gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PP son inferiores a la combustión del Diesel B5?.

¿Qué gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD son inferiores a la combustión del Diesel B5?.

¿Qué gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PS son inferiores a la combustión del Diesel B5?.

¿Cuál es el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP con respecto al Diesel B5?.

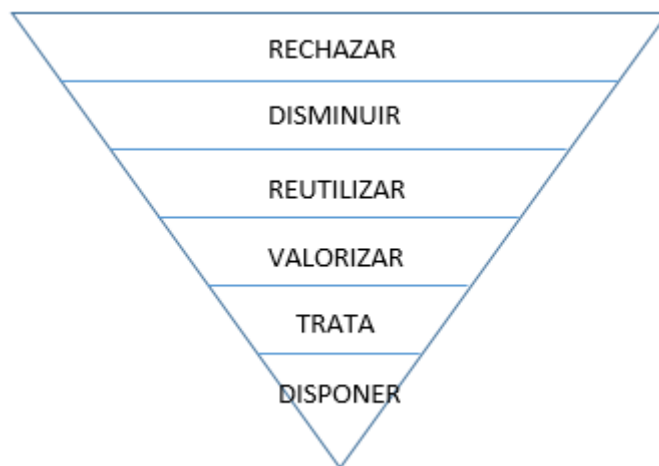
¿Cuál es el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD con respecto al Diesel B5?.

¿Cuál es el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS con respecto al B5?.

1.5 Justificación del Estudio

Se usan diversas formas, estrategias, planes para reducir la generación de residuos plásticos y así mitigar el impacto ambiental. La posición de la pirámide mostrada a continuación es la recomendada para la gestión de residuos sólidos a su vez la posición permite un cambio positivo reduciendo la cantidad de estos residuos. (Ver Fig. 1)

Fig. 1. Pirámide de Reciclaje.



Fuente: Ocampo, D. CEGESTI (2013)

Rechazar; Evitar adquirir productos que no se necesiten.

Disminuir; Reducir el consumo de materiales y energía, disminuyendo la generación de residuos.

Reutilizar; Otorgar más vida útil, utilizando el residuo para otro fin.

Valorizar; Reciclar y aprovechar el material.

Tratar; el material debe pasar por procedimientos físicos, químicos o biológicos dependiendo de su uso, para posteriormente disponer de ellos.

Disponer; el material que no se puede utilizar finalmente es confinado para reducir el impacto ambiental.

Pero muy poco ayudamos en las tres primeras estrategias porque seguimos utilizando los plásticos, el incremento de la población y el consumo. Por esto el reciclaje es una opción de alternativa para solución de este gran problema.

Por otro lado dependemos mucho de los combustible fósiles el cual va en aumento cada año y por esto existen diferentes alternativas para tener energía, y si podemos volver un residuo en un producto energético que es el más usado en el mundo.

1.6 Hipótesis

Hipótesis General:

Los residuos plásticos en estudio generan combustible fuel-oil superior al Diesel B5.

Hipotesis Específicos:

H1: Las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP son superiores al Diesel B5.

H2: Las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD son superiores al Diesel B5.

H3: Las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS son superiores al Diesel B5.

H4: Las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP son superiores al Diesel B5.

H5: Las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD son superiores al Diesel B5.

H6: Las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS son superiores al Diesel B5.

H7: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PP son inferiores al Diesel B5.

H8: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD son inferiores al Diesel B5.

H9: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PS son inferiores al Diesel B5.

H10: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP es superior al Diesel B5.

H11: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD es superior al Diesel B5.

H12: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS es superior al Diesel B5.

1.7 Objetivos

Objetivo General:

Determinar que residuo plástico en estudio genera combustible fuel-oil superior al Diesel B5.

Objetivos Específicos:

Comparar las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP y el Diesel B5.

Comparar las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD y el Diesel B5.

Comparar las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS y el Diesel B5.

Comparar las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP y el Diesel B5.

Comparar las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD y el Diesel B5.

Comparar las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS y el Diesel B5.

Comparar los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PP y el Diesel B5.

Comparar los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD y el Diesel B5.

Comparar los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PS y el Diesel B5.

Comparar el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP con el Diesel B5.

Comparar el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD con el Diesel B5.

Comparar el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS con el Diesel B5.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación

Según Hernández, R. (2014) en Metodología de la Investigación, se adjudica a nuestra investigación el enfoque cuantitativo, el diseño experimental - pre experimental, que se lleva a cabo en ambientes naturales y los grupos son de carácter natural, se tiene un grado de control mínimo, se analiza una sola variable. También existe muy poca probabilidad de que el grupo sea representativo de los demás.

La investigación se llevó a cabo de la siguiente manera:

Se utilizó un reactor modelo batch para descomponer los tipos de plástico por medio del proceso pirolítico, se elaboró un recipiente de acero con capacidad para 2,5 kilogramos de residuos, se utilizó un termómetro para tener la temperatura controlada, en la parte superior de reactor modelo batch tiene un orificio por el cual estará conectado con un tubo por donde pasan los gases al momento de calentarse, luego este mismo tubo paso por un compartimiento en frío que logro condensar los gases, para posteriormente recuperar el producto líquido combustible y cuantificar la cantidad mediante vasos de precipitado, así también este sistema tiene un filtro de aire con carbón activado para los gases que no se condensaron.

Luego de obtener estos productos líquidos combustibles se recolectaran datos mediante los siguientes instrumentos:

Calorímetro, con este instrumento podemos determinar el poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI), al momento de encender se tendrá que cargar con oxígeno a máximo 30 bar., luego en la pantalla se elegirá el método dinámico para obtener el PCS, se tomó un crisol donde se depositó la muestra y registramos su masa con ayuda de la balanza analítica, con ayuda de la pipeta se tomó la muestra y se colocó dentro del crisol, luego colocamos el crisol dentro del calorímetro con un hilo de algodón atado a un filamento por donde pasa una corriente eléctrica, las puntas del filamento deberán estar tocando la muestra

líquida. Finalmente se cierra y este instrumento mide el PCS en KJ/kg luego al determinarlo y saber a qué familia de combustibles pertenece en esta investigación será Fuel - Oil se procede a calcular el PCI por fórmula $0.75 \cdot \text{PCS} + 8373.59$.

Picnómetro, con este instrumento medimos la densidad de la muestra del producto combustible ya que es uno de los métodos más exactos, consiste en un recipiente de vidrio el cual primero se tiene que limpiar con acetona y lógicamente se enjuagará con agua destilada después de secarlo se pesa el picnómetro vacío, luego se llenó con la muestra de manera cuidadosa finalmente se colocó las tapas y se pesará, al tener los datos estos se reemplazan en la fórmula $p = m/V$.

Viscosímetro, usando este instrumento se determinó la viscosidad con la siguiente ecuación $v = k \cdot t$ donde k es la constante del viscosímetro y t es el tiempo obtenido en la medición, Primero se limpió, luego se calentó el agua a una temperatura de 40 °C, se colocó el instrumento en posición vertical y con ayuda de una pipeta graduada se colocó 50 ml por la entrada ancha, y 15 a 20 ml del producto combustible a ensayar, se puso el viscosímetro sobre el agua caliente y en un soporte universal verificando que la bola dentro de esto llegue al nivel del H₂O, el producto combustible debe tener una temperatura igual al agua, finalmente se registró el tiempo del menisco del líquido que tardó en pasar desde la marca graduada superior hasta al inferior con un cronómetro.

Tipo de investigación es aplicada

Enfoque cuantitativo

Nivel de investigación explicativo se requiere determinar la causalidad de cada estímulo en el impacto ambiental y seleccionar el que tenga el menor impacto ambiental

Diseño de investigación factorial

2.2 Variables, Operacionalización

Variable	Def. Conceptual	Def. Operacional	Dimensiones	Indicador	Unidades
V1: Combustible Fuel-oil	Llamamos combustible a toda sustancia natural o artificial, en estado sólido, líquido o gaseoso que, combinada con el oxígeno produzca una reacción con desprendimiento de calor. Para que una sustancia sea considerada como combustible a nivel industrial deberíamos exigirle algunos requisitos más. (URU,2015)	Se medirá el combustible Fuel-Oil mediante las características físicas y químicas, emisión de gases y rendimiento.	Características físicas	Densidad Viscosidad	Kg/m ³ Cst
			Características Químicas	Índice de Cetano Poder Calorífico Punto de Inflamación	Kg/m ³ KJ/Kg °C
			Emisión de Gases	Oxido de Carbono Dioxido de Carbono Hidrocarburos	g/km g/km g/km
			Rendimiento	Kilómetros/galón	Km/gal
V2: Residuos plásticos	"El plástico es un material ligero, flexible, versátil y barato, pero también es una de las mayores amenazas para el medio ambiente. El 90% de las bolsas de plástico acaba en los vertederos y auténticas islas de plástico que se extienden por los océanos. Millones de peces y aves marinas mueren cada año por comer fragmentos de plástico que confunden con alimento." (NAVEA, 2014)	Se usarán los residuos plásticos mediante sus tipos.	Tipos	Polipropileno (PP) Polietileno de alta densidad (PEAD) Poliestireno (PS)	g. g. g.

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Población y Muestra

Población: Todos los plásticos en Pucallpa, Departamento de Ucayali

Muestra: 20 kilos de muestra (aleatoria, representativa) por cada diferente tipo de plástico para su posterior análisis. El tamaño de muestra seleccionado se debe a la capacidad del reactor que se utilizara para obtener los productos combustibles fuel oil.

Unidad de análisis: Se realizará un pesaje inicial para cada diferente tipo de plástico de los cuales será en kilogramos, y al finalizar la experimentación se comparan los resultados por sus características de producto líquido final.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica de recolección de datos es la observación.

Instrumentos de registros de datos: tablas.

La validación se dio por la revisión de los instrumentos bajo juicio de expertos y posteriormente son firmados.

2.5 Método de análisis de datos

Se tomaron los datos para esta investigación mediante estadística descriptiva e inferencial usando tanto Excel y SPSS.

2.6 Aspectos éticos

Siendo autores de este tema de investigación, aportando a la comunidad científica y adquiriendo nuevos conocimientos a través de asesoramiento e información recolectada.

Los datos utilizados en esta investigación son de fuentes confiables y reales.

Los resultados serán utilizados para el desarrollo de nuestra investigación.

III. RESULTADOS

3.1 Descripción de resultados:

Se incluye tablas de estadísticos descriptivos que obtuvimos de SPSS, tanto la variable dependiente y sus dimensiones.

3.1.1 Características físicas y químicas del producto combustible fuel oil obtenido de Polipropileno (PP)

Tabla 2. Resultados Físico-Químico PP

Polipropileno "PP"											
Nombre de ensayo o servicio	Método de ensayo aplicable	Resultados									
Densidad (Kg/m ³)	ASTM 1298	765.38	764.87	764.55	765.59	766.14	765.45	765.84	765.18	766.09	765.76
Viscosidad (cst)	ASTM D445	1.82	1.79	1.84	1.82	1.81	1.78	1.82	1.82	1.79	1.82
Índice de cetano	ASTM D976	48.21	48.25	48.18	48.15	48.20	48.14	48.29	48.23	48.22	48.21
Poder Calorífico (kJ/kg)	ASTM D240	43214.18	43214.15	43213.92	43214.22	43213.88	43214.24	43213.89	43213.98	43214.28	43214.32
Punto de inflamación (°C)	ASTM D93	60	60	58	59	59	60	57	58	60	59

Prueba de correlación de Pearson:

		Correlaciones					
		Tipos de plasticos	Punto de Inflamación	Poder calorífico	Índice de cetano	Viscosidad	Densidad
Tipos de plasticos	Correlación de Pearson	1	-,904**	1,000**	-1,000**	,999**	1,000**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Punto de Inflamación	Correlación de Pearson	-,904**	1	-,903**	,901**	-,918**	-,903**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Poder calorífico	Correlación de Pearson	1,000**	-,903**	1	-1,000**	,999**	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Índice de cetano	Correlación de Pearson	-1,000**	,901**	-1,000**	1	-,998**	-1,000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Viscosidad	Correlación de Pearson	,999**	-,918**	,999**	-,998**	1	,998**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000		,000
	N	11	11	11	11	11	11
Densidad	Correlación de Pearson	1,000**	-,903**	1,000**	-1,000**	,998**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	11	11	11	11	11	11

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

H₀: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p-value: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **H_0** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Punto de Inflamación:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Punto de Inflamación	10	59,00	1,054	,333

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 52					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Punto de Inflamación	21,000	9	,000	7,000	6,25	7,75

Poder Calorífico:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Poder calorífico	10	43214,1060	,17083	,05402

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 43452.52					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Poder calorífico	-4413,393	9	,000	-238,41400	-238,5362	-238,2918

Índice de Cetano:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice de cetano	10	48,2080	,04467	,01413

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 40					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Índice de cetano	581,039	9	,000	8,20800	8,1760	8,2400

Viscosidad:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Viscosidad	10	1,8110	,01853	,00586

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 2.9					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Viscosidad	-185,853	9	,000	-1,08900	-1,1023	-1,0757

Densidad:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media
Densidad	10	765,4850	,51267	,16212

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 870					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Densidad	-644,678	9	,000	-104,51500	-104,8817	-104,1483

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP no es superior al Diesel B5.

Ha: Las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP es superior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p- value:** 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **H₀** se rechaza, es decir que las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP es superior al Diesel B5.

3.1.2 Características físicas y químicas del producto combustible fuel oil obtenido de Polietileno de alta densidad (PEAD)

Tabla 3. Resultados Físico-Químico PEAD

Polietileno de alta densidad "PEAD"											
Nombre de ensayo o servicio	Método de ensayo aplicable	Resultados									
Densidad (Kg/m ³)	ASTM 1298	756.88	755.89	755.85	756.39	756.97	756.76	756.85	756.82	755.93	756.89
Viscosidad (cst)	ASTM D445	2.018	2.052	2.063	2.054	2.015	2.035	2.065	2.014	2.017	2.018
Índice de cetano	ASTM D976	43.35	43.67	43.29	43.25	43.39	43.46	43.67	46.27	43.53	43.33
Poder Calorífico (kJ/kg)	ASTM D240	43455.68	43456.21	43456.13	43455.56	43455.05	43456.11	43455.72	43455.64	43455.58	43455.66
Punto de inflamación (°C)	ASTM D93	58	59	58	58	59	57	57	58	58	59

Prueba de correlación de Pearson:

Correlaciones							
		Tipos de plasticos	Punto de Inflamación	Poder calorífico	Indice de cetano	Viscosidad	Densidad
Tipos de plasticos	Correlación de Pearson	1	-,935 ^{**}	-,948 ^{**}	-,793 ^{**}	,997 ^{**}	1,000 ^{**}
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,004	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Punto de Inflamación	Correlación de Pearson	-,935 ^{**}	1	,854 ^{**}	,725 [*]	-,943 ^{**}	-,935 ^{**}
	Sig. (bilateral)	,000		,001	,012	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Poder calorífico	Correlación de Pearson	-,948 ^{**}	,854 ^{**}	1	,742 ^{**}	-,933 ^{**}	-,950 ^{**}
	Sig. (bilateral)	,000	,001		,009	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Indice de cetano	Correlación de Pearson	-,793 ^{**}	,725 [*]	,742 ^{**}	1	-,809 ^{**}	-,792 ^{**}
	Sig. (bilateral)	,004	,012	,009		,003	,004
	N	11	11	11	11	11	11
Viscosidad	Correlación de Pearson	,997 ^{**}	-,943 ^{**}	-,933 ^{**}	-,809 ^{**}	1	,997 ^{**}
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,003		,000
	N	11	11	11	11	11	11
Densidad	Correlación de Pearson	1,000 ^{**}	-,935 ^{**}	-,950 ^{**}	-,792 ^{**}	,997 ^{**}	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,004	,000	
	N	11	11	11	11	11	11

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p-value: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Punto de Inflamación:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Punto de Inflamación	10	58,10	,738	,233

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 52					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Punto de Inflamación	26,143	9	,000	6,100	5,57	6,63

Poder Calorífico:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Poder calorífico	10	43455,7340	,34384	,10873

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 43452.52					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Poder calorífico	29,559	9	,000	3,21400	2,9680	3,4600

Índice de Cetano:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice de cetano	10	43,7210	,90768	,28703

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 40					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Índice de cetano	12,964	9	,000	3,72100	3,0717	4,3703

Viscosidad:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Viscosidad	10	2,0360	,02066	,00653

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 2.9					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Viscosidad	-132,272	9	,000	-,86400	-,8788	-,8492

Densidad:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Densidad	10	756,5230	,46383	,14667

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 870					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Densidad	-773,665	9	,000	-113,47700	-113,8088	-113,1452

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD no es superior al Diesel B5.

Ha: Las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD es superior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p-value**: 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD es superior al Diesel B5.

3.1.3 Características físicas y químicas del producto combustible fuel oil obtenido de Poliestireno (PS)

Tabla 4. Resultados Físico-Químico PS

Poliestireno "PS"											
Nombre de ensayo o servicio	Método de ensayo aplicable	Resultados									
Densidad (Kg/m ³)	ASTM 1298	789.97	789.86	789.92	790.05	790.15	789.97	789.97	789.94	789.95	790.12
Viscosidad (cst)	ASTM D445	1.956	1.898	1.944	1.952	1.946	1.963	1.962	1.955	1.954	1.956
Índice de cetano	ASTM D976	52.21	52.34	52.42	52.12	52.24	52.21	52.21	52.38	52.31	52.19
Poder Calorífico (kJ/kg)	ASTM D240	45798.94	45798.56	45799.14	45799.02	45798.85	45798.74	45798.84	45798.63	45799.28	45798.92
Punto de inflamación (°C)	ASTM D93	56	57	55	56	56	56	55	56	56	57

Prueba de correlación de Pearson:

Correlaciones							
		Tipos de plasticos	Punto de Inflamación	Poder calorífico	Índice de cetano	Viscosidad	Densidad
Tipos de plasticos	Correlación de Pearson	1	-,886**	-,1000**	-,1000**	,998**	1,000**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Punto de Inflamación	Correlación de Pearson	-,886**	1	,885**	,883**	-,894**	-,885**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Poder calorífico	Correlación de Pearson	-,1000**	,885**	1	1,000**	-,998**	-,1000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Índice de cetano	Correlación de Pearson	-,1000**	,883**	1,000**	1	-,998**	-,1000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000	,000
	N	11	11	11	11	11	11
Viscosidad	Correlación de Pearson	,998**	-,894**	-,998**	-,998**	1	,998**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000		,000
	N	11	11	11	11	11	11
Densidad	Correlación de Pearson	1,000**	-,885**	-,1000**	-,1000**	,998**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	11	11	11	11	11	11

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p-value**: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **H_0** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Punto de Inflamación:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Punto de Inflamación	10	56,00	,667	,211

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 52					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Punto de Inflamación	18,974	9	,000	4,000	3,52	4,48

Poder Calorífico:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Poder calorífico	10	45798,8920	,22060	,06976

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 45452.52					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Poder calorífico	4965,315	9	,000	346,37200	346,2142	346,5298

Índice de Cetano:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice de cetano	10	52,2630	,09499	,03004

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 40					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Índice de cetano	408,238	9	,000	12,26300	12,1950	12,3310

Viscosidad:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Viscosidad	10	1,9490	,01853	,00586

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 2.9					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Viscosidad	-162,301	9	,000	-,95100	-,9643	-,9377

Densidad:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Densidad	10	789,9900	,09018	,02852

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 870					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Densidad	-2805,498	9	,000	-80,01000	-80,0745	-79,9455

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS no es superior al Diesel B5.

Ha: Las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS es superior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p-value**: 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que las características físicas y químicas del producto combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS es superior al Diesel B5.

3.1.4 Emisiones del producto combustible fuel oil obtenido de Polipropileno (PP)

Tabla 5. Resultado Emisiones PP

		PP									
CO ₂	g/km	174,13	174,35	174,24	174,05	174,64	174,27	174,52	174,32	174,19	174,54
CO	g/km	1,55	1,52	1,54	1,54	1,53	1,55	1,56	1,56	1,53	1,54
HC	g/km	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,16	0,15	0,16	0,16

Prueba de correlación de Pearson:

		Correlaciones			
		Materia Prima	Dioxido de Carbono	Monoxido de Carbono	Hidrocarburos
Materia Prima	Correlación de Pearson	1	-,994**	-,912**	-,924**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000
	N	11	11	11	11
Dioxido de Carbono	Correlación de Pearson	-,994**	1	,905**	,919**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000
	N	11	11	11	11
Monoxido de Carbono	Correlación de Pearson	-,912**	,905**	1	,872**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	11	11	11	11
Hidrocarburos	Correlación de Pearson	-,924**	,919**	,872**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	11	11	11	11

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si p-value < α : rechazar Ho

Si p-value > α : no rechazar Ho

El p- value: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que **α** , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Dióxido de Carbono:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Dioxido de Carbono	10	174,3250	,19039	,06021

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 168.7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Dioxido de Carbono	93,426	9	,000	5,62500	5,4888	5,7612

Monóxido de Carbono:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Monoxido de Carbono	10	1,5420	,01317	,00416

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 1.45					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Monoxido de Carbono	22,098	9	,000	,09200	,0826	,1014

Hidrocarburos:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Hidrocarburos	10	,1580	,00632	,00200

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0.11					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Hidrocarburos	24,000	9	,000	,04800	,0435	,0525

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PP no es inferior al Diesel B5.

Ha: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PP es inferior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p-value**: 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PP es inferior al Diesel B5.

3.1.5 Emisiones del producto combustible fuel oil obtenido de Polietileno de alta densidad (PEAD)

Tabla 6. Resultado Emisiones PEAD

		PEAD									
CO ₂	g/km	166,32	166,25	166,35	165,91	166,44	166,34	166,39	166,42	166,32	166,45
CO	g/km	1,44	1,42	1,43	1,43	1,44	1,43	1,42	1,44	1,43	1,42
HC	g/km	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10

Prueba de correlación de Pearson:

		Correlaciones			
		Materia Prima	Dioxido de Carbono	Monoxido de Carbono	Hidrocarburos
Materia Prima	Correlación de Pearson	1	,979**	,614*	,000
	Sig. (bilateral)		,000	,044	1,000
	N	11	11	11	11
Dioxido de Carbono	Correlación de Pearson	,979**	1	,614*	-,044
	Sig. (bilateral)	,000		,044	,898
	N	11	11	11	11
Monoxido de Carbono	Correlación de Pearson	,614*	,614*	1	,263
	Sig. (bilateral)	,044	,044		,435
	N	11	11	11	11
Hidrocarburos	Correlación de Pearson	,000	-,044	,263	1
	Sig. (bilateral)	1,000	,898	,435	
	N	11	11	11	11

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p-value**: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Dióxido de Carbono:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Dioxido de Carbono	10	166,3190	,15652	,04950

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 168.7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Dioxido de Carbono	-48,105	9	,000	-2,38100	-2,4930	-2,2690

Monóxido de Carbono:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Monoxido de Carbono	10	1,4300	,00816	,00258

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 1.45					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Monoxido de Carbono	-7,746	9	,000	-,02000	-,0258	-,0142

Hidrocarburos:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Hidrocarburos	10	,1100	,00816	,00258

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0.11					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Hidrocarburos	,000	9	1,000	,00000	-,0058	,0058

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD no es inferior al Diesel B5.

Ha: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD es inferior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p-value: 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD es inferior al Diesel B5.

3.1.6 Emisiones del producto combustible fuel oil obtenido de Poliestireno (PS)

Tabla 7. Resultados Emisiones PS

		PS									
CO ₂	g/km	160,35	159,95	160,52	160,24	160,78	160,39	159,89	160,63	160,47	160,37
CO	g/km	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,93	0,94	0,94	0,93	0,94
HC	g/km	0,09	0,11	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,1

Prueba de correlación de Pearson:

		Correlaciones			
		Materia Prima	Dioxido de Carbono	Monoxido de Carbono	Hidrocarburos
Materia Prima	Correlación de Pearson	1	,995**	,999**	,489
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,127
	N	11	11	11	11
Dioxido de Carbono	Correlación de Pearson	,995**	1	,994**	,488
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,128
	N	11	11	11	11
Monoxido de Carbono	Correlación de Pearson	,999**	,994**	1	,503
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,115
	N	11	11	11	11
Hidrocarburos	Correlación de Pearson	,489	,488	,503	1
	Sig. (bilateral)	,127	,128	,115	
	N	11	11	11	11

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p-value: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Dióxido de Carbono:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Dioxido de Carbono	10	160,3590	,27719	,08765

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 168.7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Dioxido de Carbono	-95,158	9	,000	-8,34100	-8,5393	-8,1427

Monóxido de Carbono:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Monoxido de Carbono	10	,9400	,00667	,00211

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 1.45					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Monoxido de Carbono	-241,914	9	,000	-,51000	-,5148	-,5052

Hidrocarburos:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Hidrocarburos	10	,0950	,00850	,00269

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0.11					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Hidrocarburos	-5,582	9	,000	-,01500	-,0211	-,0089

Prueba de hipótesis

i. *Hipótesis:*

Ho: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PS no es inferior al Diesel B5.

Ha: Los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico Ps son inferiores al Diesel B5.

ii. *Estadística y región crítica de la prueba:*

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p- value:** 0.000

α : 0.05

iii. *Decisión:*

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los gases contaminantes de la combustión del fuel-oil obtenido del residuo plástico PS es inferior al Diesel B5.

3.1.7 Rendimiento del producto combustible fuel oil obtenido de Polipropileno (PP)

Tabla 8. Resultados Rendimiento

	RENDIMIENTO FUEL-OIL										
PP	Km/gal.	52,45	52,52	52,55	52,38	53,14	52,42	52,34	52,44	52,69	53,02
PEAD	Km/gal.	54,72	55,11	54,53	54,61	55,04	54,64	54,75	54,88	55,15	54,66
PS	Km/gal.	56,36	56, 42	57,02	56,24	56,35	56,62	57,14	56,53	56,38	56,25

Prueba de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Materia Prima	Rendimiento
Materia Prima	Correlación de Pearson	1	,925**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	11	11
Rendimiento	Correlación de Pearson	,925**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	11	11

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p- value:** todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se rechaza y la conclusión es que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Rendimiento	10	52,5950	,27513	,08700

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 54.7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Rendimiento	-24,195	9	,000	-2,10500	-2,3018	-1,9082

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP no es superior al Diesel B5.

Ha: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP es superior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p- value:** 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que α , entonces **Ho** se acepta, es decir que el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PP no es superior al Diesel B5.

3.1.8 Rendimiento del producto combustible fuel oil obtenido de Polietileno de alta densidad (PEAD)

Prueba de correlación de Pearson:

Correlaciones		Materia Prima	Rendimiento
Materia Prima	Correlación de Pearson	1	-,154
	Sig. (bilateral)		,651
	N	11	11
Rendimiento	Correlación de Pearson	-,154	1
	Sig. (bilateral)	,651	
	N	11	11

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p- value: todos son 0,138

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es mayor que α , entonces **Ho** se acepta, es decir que los valores del test no tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Rendimiento	10	54,8090	,22233	,07031

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 54.7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Rendimiento	1,550	9	,155	,10900	-,0500	,2680

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD no es superior al Diesel B5.

Ha: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD es superior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El **p-value**: 0.155

α : 0.0

iii. Decisión:

Como el **p-value** es mayor que α , entonces **Ho** se acepta, es decir que el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PEAD no es superior al Diesel B5.

3.1.9 Rendimiento del producto combustible fuel oil obtenido de Poliestireno (PS)

Prueba de correlación de Pearson:

Correlaciones		Materia Prima	Rendimiento
Materia Prima	Correlación de Pearson	1	-,881**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	11	11
Rendimiento	Correlación de Pearson	-,881**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	11	11

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: Los valores del test no tienen correlación

Ha: Los valores del test tienen correlación

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p- value: todos son 0,000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es mayor que α , entonces **Ho** se rechaza, es decir que los valores del test tienen correlación.

Prueba T-STUDENT:

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Rendimiento	10	56,5310	,31246	,09881

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 54.7					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Rendimiento	18,531	9	,000	1,83100	1,6075	2,0545

Prueba de hipótesis

i. Hipótesis:

Ho: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS no es superior al Diesel B5.

Ha: El rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS es superior al Diesel B5.

ii. Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-value} < \alpha$: rechazar H_0

Si $p\text{-value} > \alpha$: no rechazar H_0

El p- value: 0.000

α : 0.05

iii. Decisión:

Como el **p-value** es menor que **α** , entonces **Ho** se acepta, es decir que el rendimiento del combustible fuel-oil obtenido del residuo plástico PS es superior al Diesel B5.

IV. DISCUSIÓN

El combustible fuel oil obtenido del Polipropileno (PP) se presentó como características físicas y químicas; Punto de inflamación 59 °C, Poder calorífico 43214.106 kJ/kg, Índice de cetano 48.208, Viscosidad 1.811 cst y Densidad 765.485 Kg/m³, superando en Poder calorífico de 41593,92 kJ/kg, densidad de 749.73 kg/m³ y viscosidad 1.6869 cst obtenido en la tesis de MENDOZA (2016) “Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirolisis”.

El combustible fuel oil obtenido a partir del Polietileno de alta densidad (PEAD) se presentó como características físicas y químicas; Punto de inflamación 58.1 °C, Poder calorífico 43455.734 kJ/kg, Índice de cetano 43.721, Viscosidad 2.036 cst y Densidad 756 Kg/m³, superando al punto de inflamación de 34.86 °C obtenido de MANCHENO (2015) en su trabajo de “Aprovechamiento Energético de Residuos Plásticos obteniendo Combustibles Líquidos, por Medio de Pirolisis”. Así como también superando en Poder calorífico 42218.67 kJ/kg, igualando la densidad 756.88 kg/m³ y viscosidad 2.0180 cst comparado con los resultados de MENDOZA (2016) en la tesis titulada “Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirolisis”.

El combustible fuel oil obtenido del Poliestireno (PS) se presentó como características física y químicas; Punto de inflamación 56 °C, Poder calorífico 45798.892 kJ/kg, Índice de cetano 52.263, Viscosidad 1.949 cst y Densidad 789.99 Kg/m³, superó al punto de inflamación de 43.08 °C obtenido en el trabajo de MANCHENO (2015) “Aprovechamiento Energético de Residuos Plásticos obteniendo Combustibles Líquidos, por Medio de Pirolisis”. Así también superó el poder calorífico 41717 kJ/kg, la viscosidad 1.6836 cst sin embargo no llegó a superar la densidad de 922.37 obtenido de MENDOZA (2016) en la tesis titulada “Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirolisis”.

Por otro lado también se obtuvo las características físicas y químicas del diésel comúnmente utilizado, en Punto de Inflamación 52 °C, Poder calorífico 43452.52 kJ/kg, Índice de cenato 40, Viscosidad 2.9 cst. y densidad de 870 kg/m³, que se comparó con las características de los productos y se concluyó que el PS generó un producto combustible superior.

Las emisiones que se obtuvo del combustible fuel oil en un Toyota hillux del año 2015 de motor diésel fueron:

- Para el Polipropileno (PP) en Monóxido de Carbono (CO) 1.542 g/km, en Dióxido de Carbono (CO₂) 174.325 g/km y en Hidrocarburos (HC) 0.158 g/km. (Ver tabla 5)
- Para el Polietileno de alta densidad (PEAD) en CO 1.43 g/km, en CO₂ 166.319 g/km en HC 0.11 g/km. (Ver tabla 6)
- Para el Poliestireno (PS) en CO 0.94 g/km, en CO₂ 160.359 g/km y en HC 0,095 g/km. (Ver tabla 7)

Mientras que las emisiones producidas por el Diesel usado comúnmente se obtuvo en CO 168.7 g/km; CO₂ 1.45 g/km y HC 0.11 g/km por lo que se presentó al producto generado por el PS como el que generó menos emisiones. Por otro lado en el artículo de GUNGOR (2014) en el artículo “Engine Performance and Emission Characteristics of Plastic Oil Produced from Waste Polyethylene and Its Blends with Diesel” también se comparó proporciones de combustibles producidos por plásticos con el diésel y concluyó que en CO se redujo un 20,63% y CO₂ se incrementó un 3.34%.

El rendimiento del combustible fuel oil obtenido del Polipropileno (PP) 52.595 km/gal, para el combustible obtenido del Polietileno de alta densidad (PEAD) 54.809 km/gal, para el combustible obtenido del Poliestireno (PS) 56.531 km/gal. (Ver tabla 8), por otro lado se realizó el rendimiento del diésel con un 54.7 km/gal, por lo que podemos decir que el PS tiene mejor rendimiento.

V. CONCLUSIÓN

1. Se concluye que el producto (COMBUSTIBLE) obtenido del tipo de residuo plástico PS es superior al Diesel B5.
2. Se concluye que en la comparación de las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PP es de similitud consistencia con respecto al Diesel B5.
3. Se concluye que en la comparación de las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PEAD es de igualdad de consistencia con respecto al Diesel B5.
4. Se concluye que en la comparación de las características físicas del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PS es de superior consistencia con respecto al Diesel B5.
5. Se concluye que en la comparación de las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PP es de similitud consistencia con respecto al Diesel B5.
6. Se concluye que en la comparación de las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PEAD es de igual consistencia con respecto al Diesel B5.
7. Se concluye que en la comparación de las características químicas del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PS es de superior consistencia con respecto al Diesel B5.
8. Se concluye que en la comparación de los gases contaminantes emitidos por la combustión del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PP es de superior porcentaje con respecto a los gases contaminantes de la combustión del Diesel B5.

9. Se concluye que en la comparación de los gases contaminantes emitidos por la combustión del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PEAD es de similitud porcentaje con respecto a los gases contaminantes de la combustión del Diesel B5.
10. Se concluye que en la comparación de los gases contaminantes emitidos por la combustión del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PS es de menor porcentaje con respecto a los gases contaminantes de la combustión del Diesel B5.
11. Se concluye que en la comparación con respecto al rendimiento del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PP es de similitud consistencia con respecto al Diesel B5.
12. Se concluye que en la comparación con respecto al rendimiento del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PEAD es igual al rendimiento con respecto al Diesel B5.
13. Se concluye que en la comparación con respecto al rendimiento del producto combustible fuel-oil obtenido por el tipo de plástico PS es de superior al rendimiento con respecto al Diesel B5.

VI. RECOMENDACIONES

Con respecto a las recomendaciones que se da son los siguientes:

1. Se realizó todo los trabajos previos en la recolección de los materiales debidamente uniformados, con los respectivos mandiles, guantes de látex, mascarillas, para evitar cualquier tipo de accidente ya que la materia prima fue recolectada en el botadero principal de la ciudad de Pucallpa.
2. Se debe contar con los materiales óptimos y calibrados para poder realizar los análisis y así evitar fallo que serán perjudiciales para poder obtener resultados óptimos necesarios para la investigación.
3. Se debe tomar en cuenta la cantidad de materia prima que se utilizará para hacer el reactor y así se evitar el desperdicio de la materia prima, que con mucho esfuerzo se recolecto.
4. En vista que los resultados para los diferentes plásticos son relativamente similares, se recomienda realizar un reactor más grande y utilizarlos juntos.

VII. REFERENCIAS

AGROWASTE. Pirólisis. 2013. Disponible en:
<http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/PIROLISIS.pdf>

ANTONIO, J. Pirólisis. 2014. El portal de los Ingenieros Químicos en español.
Disponible en: <http://www.ingenieriaquimica.net/articulos/361-pirolisis>

ANUAR, S. et al. 2017. 'Energy recovery from pyrolysis of plastic waste: Study on non-recycled plastics (NRP) data as the real measure of plastic waste', Energy Conversion & Management, 148, pp. 925-934.

BASU, P. 2013. Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction. En: P. Basu Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction (pp. 147–176). 2a. ed. Londres: Elsevier Inc. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123964885000058>

BENAVIDES, P. et al. 2017. 'Life-cycle analysis of fuels from post-use non-recycled plastics', Fuel, 203, pp. 11-22.

BILBOA, A. 2015. Desengancharse del plástico Problemas de un material ubicuo. Ecologistas en Acción, Madrid, pp.4-7.

CHURKUNTI, P. et al. 2016. 'Combustion analysis of pyrolysis end of life plastic fuel blended with ultra low sulfur diesel', Fuel Processing Technology, 142, pp. 212-218.

E.T.S. de Ingenieros Industriales. 2015. Tecnología de la combustión. Universidad de Valladolid. Dpto. Ingeniería Energética y Fluidomecánica, pp. 26-29. Disponible en:
<http://docplayer.es/11241137-Calculos-de-combustion-deun-producto-combustible-cuando-se-desconoce-su-composicion-diagramas.html>

ESPARZA, F. Combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Bomberos de Navarra, pp. 27-29. 2010. Disponible en:
http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros_documentos/combustibles.pdf

FERNÁNDEZ, J. Máquinas térmicas. Poder Calorífico. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. 2010. Disponible en:
http://www.edutecne.utn.edu.ar/maquinas_termicas/01-poder_calorifico.pdf

GREENPEACE. POSTURA DE GREENPEACE ANTE EL PROYECTO DE PIROLÍISIS DE LA EMPRESA TERNA EN TUDELA. Madrid – España. 2005. Disponible en: <http://archivo.es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/alegaciones-a-la-planta-de-pir.pdf>

GUNGOR, C. et. al. Engine Performance and Emission Characteristics of Plastic Oil Produced from Waste Polyethylene and Its Blends with Diesel Fuel”. 2014.
Disponible:
<https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/15435075.2014.893873?scroll=top&needAccess=true>

JIMÉNEZ, E. ¿Cuánto plástico hay en el mundo?. Greenpeace. 2017.
Disponible en: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Blog/cunto-plastico-hay-en-el-mundo/blog/59905/>

KUMAR, S. y SINGH R. 2011. Recovery of hydrocarbon liquid from waste high density polyethylene by thermal pyrolysis. Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 28, Issue 4, p.659–667.

MALDONADO, A. 2012. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política

pública en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. IDEA, pp.13-20.
Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>

MANCHENO, M. et. al. Aprovechamiento Energético de Residuos Plásticos Obteniendo Combustibles Líquidos, Por Medio de Pirólisis. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2015. Encontrado en:
DOI:10.17163/lgr.n23.2016.06

MENDOZA, A. 2016. Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirolisis. Universidad de Salamanca.

MINAM. Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013. Evaluación y Gestión Ambiental – Evagam S.A.C. pp. 35-40. 2014.

OCAMPO, D. Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. CEGESTI, N° 230. 2013. Disponible en:
http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_230_080413_es.pdf

OWUSU, P. et al. 2018. 'Reverse engineering of plastic waste into useful fuel products', Journal Of Analytical & Applied Pyrolysis, 130, pp.

PLASTIVIDA. Boletín Técnico Informativo N° 21: Degradación de los materiales plásticos. 2015. Disponible en:
<http://www.emmafiorentino.com.ar/PLASTIVIDA/BTI-21.pdf>

PROAÑO O. y CRESPO S. 2009. Obtención de combustibles a partir de residuos plásticos. Revista politécnica, Departamento de Ingeniería Química. Vol.30, Issue 1, pp.137-144.

RECYTRANS. Clasificación de los plásticos, Soluciones globales para el reciclaje. 2013. Disponible en:

<https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-plasticos/>

SEUNG-SOO K. y SEUNGDO K. 2004. Pyrolysis characteristics of polystyrene and polypropylene in a stirred batch reactor. Chemical Engineering Journal, ELSEVIER, Vol.98, p.53-60.

SONAWANE, Y, SHINDIKAR, M, y KHALADKAR, M. 2017. 'High Calorific Value Fuel from Household Plastic Waste by Catalytic Pyrolysis', Nature Environment & Pollution Technology, 16, 3, pp.

STEINER A. y NEWMAN D. The Global Garbage Crisis: No Time to Waste. United Nations Environment Programme. 2016. Disponible en:
<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/global-garbage-crisis-no-time-waste>

TELLEZ, A. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: Una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 2012. PP.15 Disponible en:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>

TORRELLA, E. La combustión. 2014. Disponible en:
<http://www.upv.es/entidades/DTRA/infoweb/dtra/info/U0675360.pdf>

VALENZUELA, F. 2010. Modelado del efecto de la viscosidad en la combustión de la mezcla B20 de biodiesel de palma africana tenera en motores de combustión interna encendidos por compresión. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia, pp. 12-18.

VENKATESAN, H, SIVAMANI, S, BHUTORIA, K, y VORA, H. 'Experimental study on combustion and performance characteristics in a DI CI engine

fuelled with blends of waste plastic oil', Alexandria Engineering Journal, Preprints, E-Journals. 2017

INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK. U.S. Energy Information Administration EIA. 2016 Disponible en:
[https://www.eia.gov/outlooks//ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks//ieo/pdf/0484(2016).pdf)

Yo, **Dr. CÉSAR EDUARDO JIMÉNEZ CALDERÓN**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Filial - Lima Los Olivos, revisor de la tesis titulada:

"COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA – UCAYALI, 2018" de los estudiantes **CARLOS ALBERTO CAMPOS LAPA Y FRECIA TENAZOA ARMAS**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **21 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender **EL INFORME DE INVESTIGACIÓN** cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 14 de diciembre de 2018



 Dr. CÉSAR EDUARDO JIMÉNEZ CALDERÓN
 DNI: 16436847

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, CARLOS ALBERTO CAMPOS LAPA, identificado con DNI N° **47318827**, egresado de la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLASTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA – UCAYALI, 2018"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....


 CARLOS ALBERTO CAMPOS LAPA

DNI: **47318827**

FECHA: 14 de diciembre de 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, **FRECIA TENAZOA ARMAS**, identificado con DNI N° **73669775**, egresada de la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLASTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA – UCAYALI, 2018"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

FRECIA TENAZOA ARMAS

DNI: **73669775**

FECHA: 14 de diciembre de 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMBUSTIBLES FUEL OIL, OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE
PIRÓLISIS, PUCALLPA - UCAYALI 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOMES:

Carlos Alberto Campos Lapa (Orcid.org/0000-0001-8132-5955)
Ercilia Tamaraz Armas (Orcid.org/0000-0003-4553-7701)

ASESOR

Dr César Eduardo Jiménez Calderón (Orcid.org/0000-0001-7394-7526)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de residuos sólidos

LIMA - PERÚ

2018-1

Resumen de coincidencias

21 %

< Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

repositorio.ucv.edu.pe
Código de Internet

2 Entregado a Universida
Tributo del estudiante

3
repositorio.uem.edu.co
Fuente: de Jaramel

4 pirhva@uaf.edu
 1. www.uaf.edu5
www.bdigital.unal.edu...
Fuente: los autores.6 Entregado a Universida
Trabajo del estudiante

7
www.recytrans.com
Ejército de Transmisiones

8
www.tears.uchile.cl
Fuentes de Internet



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CARLOS ALBERTO CAMPOS LAPA

INFORME TÍTULADO:

COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA – UCAYALI, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA:

06/12/2018

NOTA O MENCIÓN:

(16) Precisió



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

FRECIA TENAZOA ARMAS

INFORME TÍTULADO:

COMBUSTIBLES FUEL-OIL OBTENIDOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS, PUCALLPA
– UCAYALI, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 06/12/2018

NOTA O MENCIÓN: 16 (Dieciséis)



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN